Image intensifiers

U herinnert zich ongetwijfeld de beelden van het bombardement op Bagdad door de Amerikaanse luchtmacht bij het begin van de Golfoorlog. Het vreemde was dat die beelden groen waren. Een gevolg van het feit dat die beelden werden opgenomen met een beeldversterker of image intensifier. Interessante, maar vrij onbekende onderdelen.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl
Publicatiedatum: 09-03-2019

Inleiding

Kijken in de nacht
Dat beruchte bombardement werd 's nachts uitgevoerd en met een normale camera zou er weinig te zien zijn. Die beeldversterker was in staat de nachtelijke infrarode straling, waar het menselijke oog niet gevoelig voor is, om te zetten in groen zichtbaar licht. Dergelijke apparaten werken met *'infrarode convertors'* of *'image intensifier'* (beeldversterkers), tot voor kort typisch militaire speeltjes. Maar tegenwoordig wordt dit soort apparaten ook gebruikt in het wetenschappelijk onderzoek, in fotolaboratoria, bij het opsporen van vervalsingen, bij het bewaken van objecten en zelfs bij natuurfotografie.

Geschikt voor doe-het-zelf toepassingen
Door de hedendaagse bezuinigingen op de Europese legers beginnen deze overbodig geachte spullen te verkopen en voorraden af te bouwen. Op deze manier komen ook heel wat zeer speciale elektronische onderdelen in de dump terecht. Zo ook de infrarode convertors en image intensifiers. Deze onderdelen kosten nieuw tussen 2.000 en 10.000 euro. Nu zijn infrarode convertors in de dump te koop voor prijzen tussen 50 en 250 euro! Kijken in het donker wordt dus een interessant terrein voor de hobbyist die eens wat anders wil beleven en die heel experimenteel is ingesteld. Want experimenteren moet u als u zich op dit terrein begeeft! In dit artikel worden de principes, technieken en schakelingen van infrarode convertors en beeldversterkers beschreven en worden enige zelfbouwtips aan de hand gedaan.

Waar te koop?
Het vreemde is dat er rond deze onderdelen nog steeds een zweem van geheimzinnigheid hangt. Een overblijfsel uit de koude oorlog, want toen waren deze onderdelen uitsluitend een militair speeltje en de generaals waren bang dat een vrije informatieverstrekking over technologie en specificaties de 'vijand' op ideeën zou brengen. Alsof die 'vijand' niet zélf dergelijke apparaten had ontwikkeld! Net zo belachelijk als het blurren door Google van de plattegrond van militaire vliegvelden in Google Maps, maar zo werkt dat. Het gevolg is echter dat u nog steeds maar weinig referenties naar leveranciers van deze onderdelen in Google vindt. Zelfs eBay, waar zowat alles te koop is, is erg zuinig in het aanbieden van deze ex-militaire spullen. U moet dus op zoek naar alternatieve bronnen en dat zijn de militaire dumpzaken, die overal in het land bestaan. U zult de aan het eind van dit artikel besproken typen daar nog wel vinden.

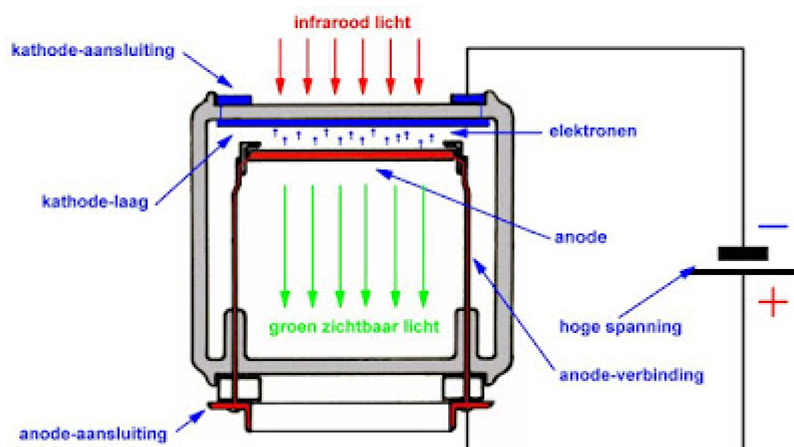
Wetgeving
Een tweede oorzaak van deze geheimzinnigheid is dat er in diverse Europese landen

stringente beperkingen in de wet zijn opgenomen wat betreft het bezit en toepassen van dergelijke onderdelen. De Belgische vuurwapenwetgeving *(Wet van 8 juni 2006 houdende regeling van economische en individuele activiteiten met wapens)* verbiedt bijvoorbeeld alle nachtzicht apparatuur die op een vuurwapen kan worden gemonteerd, zelfs als deze niet op een vuurwapen is gemonteerd. In Nederland is het bezit van nachtzicht apparatuur niet gereguleerd en is het niet verboden deze te gebruiken. Het gebruik van dergelijke apparatuur op wapens voor de nachtelijke jacht is echter alleen toegestaan met een speciale vergunning in bepaalde gebieden (de Veluwe) voor de jacht op wilde zwijnen.

Infrarode convertors

Het werkingsprincipe

Infrarode convertors zetten de voor ons onzichtbare infrarode straling om in elektronen die worden versneld. De versnelde elektronen worden weer omgezet in licht, maar nu licht dat zichtbaar is voor de mens. Er is van eigenlijke beeldversterking dus geen sprake. Het principe van een infrarode convertor is eigenlijk erg eenvoudig. Zoals uit onderstaande figuur blijkt, bestaat het onderdeel uit een glazen luchtledige cilinder. Op de bovenkant van de cilinder is een infrarood gevoelige laag aangebracht. Dit noemt men de kathode van de buis. De laag bestaat uit een bepaald zilvercaesium oxide, aangeduid met de naam S1. In de buis is een scherm aangebracht, waarop een fosforescerende laag is aangebracht. Dit noemt men de anode. Tussen de kathode en de anode wordt een gelijkspanning van ongeveer 5.000 V aangebracht. Alle warme voorwerpen zenden infrarode straling uit, een proces dat ook 's nachts doorgaat. Deze straling treft uiteraard de kathode. De energierijke fotonen uit de straling zullen elektronen los slaan uit de atomen van de oxidelaag. Nu is het, vanwege bepaalde ingewikkelde fysische redenen, zo dat het materiaal van de kathode het gevoeligst is voor infrarode straling. Deze straling zal dus het meeste elektronen vrijmaken. De elektronen komen in de luchtledige ruimte van de buis onder invloed van het sterke elektrostatisch veld. De anode is positief ten opzichte van de kathode, het gevolg is dat de negatief geladen elektronen gaan versnellen naar de anode. Als zij de anode treffen zullen zij de atomen van de fosforescerende laag in aangeslagen toestand brengen. Het gevolg is dat deze atomen even later terugvallen naar hun rusttoestand en de overtollige energie als zichtbaar licht uitstralen. Ieder invallend elektron wekt dus een klein lichtflitsje op.
Nu is het uiteraard de bedoeling dat de lichtopbrengst van de anode zo groot mogelijk is. Experimenten hebben uitgewezen dat het menselijk oog 's nachts het gevoeligst is voor groen licht. Vandaar dat men een fosforescerende laag aanbrengt die P20 wordt genoemd en die groen licht uitstraalt, om precies te zijn met een golflengte van 550 nm.



Doorsnede door een eerste generatie infrarode convertor. (© 2019 Jos Verstraten)

De CV148 als voorbeeld

In onderstaande foto, overgenomen uit het Virtual Valve Museum, is als voorbeeld van zo'n eerste generatie infrarode convertor de CV148 voorgesteld. Een dergelijke buis is, voor wie goed zoekt in militaire dumpzaken, te koop voor een paar tientjes. De buis heeft een diameter

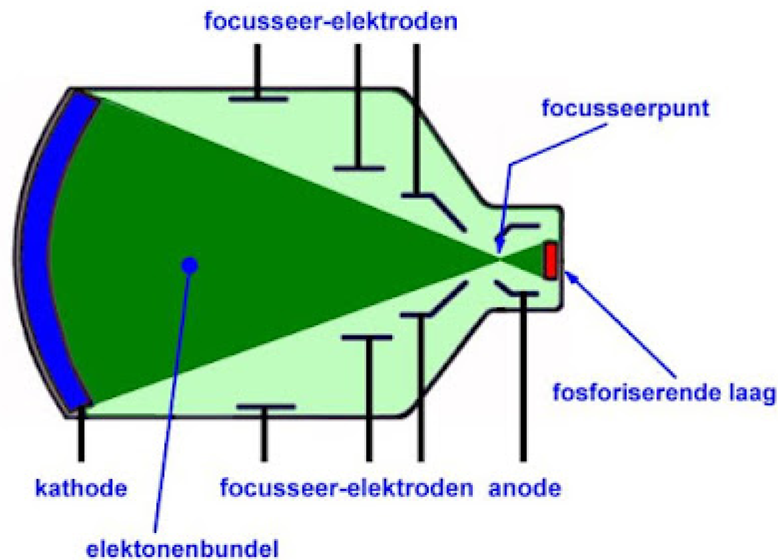
van slechts 48 mm en is 41 mm hoog. De spanning die u tussen anode en kathode moet aanbrengen ligt tussen 3,0 kV en 6,5 kV. De stroomopname is gelukkig minimaal, maar een paar µA.



De CV148 is een typische representant van de eerste generatie infrarode convertors. (© Virtual Valve Museum)

Actieve nachtkijkers
Met deze eenvoudige buizen kunt u zogenoemde actieve nachtkijkers vervaardigen. Omdat er geen sprake is van versterking moet u de buis echter helpen. Er moet als het ware kunstmatig infrarode straling worden toegevoegd aan het object dat u wilt bekijken. Tegenwoordig, in het tijdperk van de infrarode LED, is dat uiteraard geen probleem. U kunt rond de buis een ring aanbrengen met een groot aantal high-power IR-LED's. Deze moeten uiteraard wel worden afgeschermd van de infrarode convertor, zodat geen directe instraling mogelijk is. Het door het te observeren voorwerp weerkaatst infrarood licht, plus uiteraard de eigen infrarode straling, wordt opgevangen door een objectief en gefocusseerd op de kathode van de infrarode convertor. Het groene licht van de anode wordt via een oculair gefocusseerd op een klein oppervlak, zodat u het beeld goed kunt waarnemen door uw oog tegen het oculair te drukken.

Gefocusseerde infrarode convertors
Elektronen zijn allemaal negatief geladen en stoten elkaar dus af. Het gevolg is dat de versnelde elektronenstroom, die van de kathode naar de anode vloeit, steeds breder wordt. De meeste elektronen zullen dus niet op de anode terecht komen maar recombineren met atomen in de wand van de buis. Dit verlies kan men compenseren door extra focusseer-elektroden in de buis aan te brengen, net zoals dit in de beeldbuis van een ouderwetse TV gebeurde. Door deze elektroden op precies berekende spanningen aan te sluiten zullen deze elektroden als een soort elektronische lens gaan werken, waardoor het mogelijk wordt alle uit de kathode ontsnapte elektronen te bundelen op de anode. Op deze manier neemt het rendement van de infrarode convertor aanmerkelijk toe.
Bij de tweede generatie convertors treft u dus steeds extra elektroden aan. Bovendien wordt de optica in de meeste gevallen vast in de buis geïntegreerd, zodat het geheel een handig toe te passen onderdeel wordt. In onderstaande figuur is een doorsnede getekend van een dergelijke convertor van de tweede generatie, overigens zonder ingebouwde optica. Om het u nog gemakkelijker te maken zijn in sommige uitvoeringen de focusseer-elektroden aangesloten op een interne spanningsdeler tussen de kathode en de anode. Deze spanningsdeler wordt bij de fabricage afgeregeld, zodat het volstaat een hoogspanning van een bepaalde waarde te genereren en deze aan te sluiten tussen de kathode en de anode.



Een infrarode convertor van de tweede generatie met focusseer-elektroden.
(© 2019 Jos Verstraten)

De TH9411 als voorbeeld
In onderstaande foto is een voorbeeld van zo'n tweede generatie infrarode convertor voorgesteld. Het is een TH9411 die door het Franse Thomson-Houston (CFTH) werd geproduceerd in de jaren 1960. De buis is 38,1 cm lang en heeft een diameter van 20,0 cm. Aan de rode anode-kant ziet u een paar pennen waarop de interne elektroden zijn aangesloten.

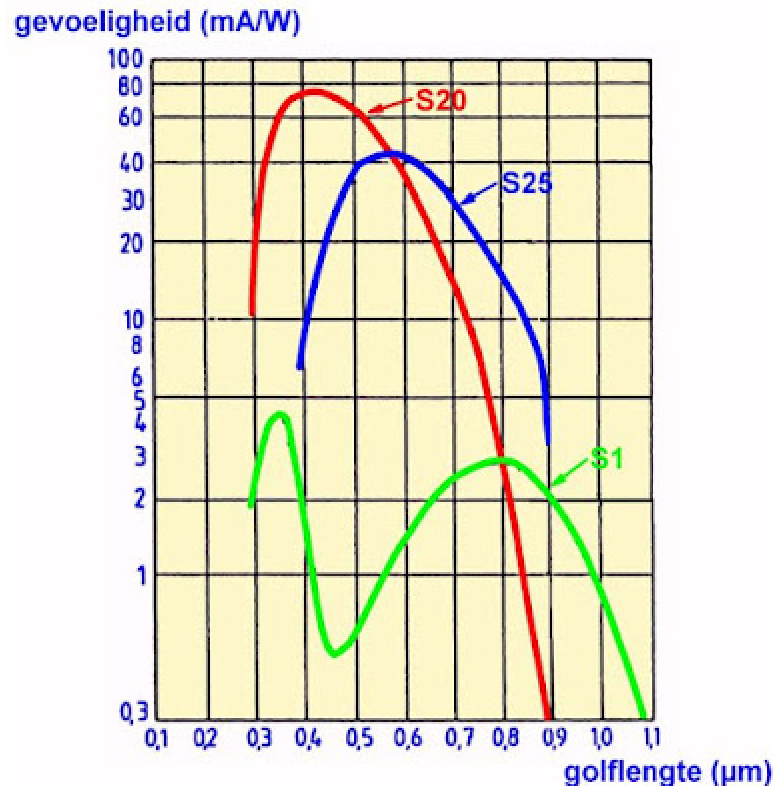

De TH9411 van Thomson-Houston. (© Oak Ridge Associated Universities)

Verbeterde kathodematerialen
Het in de eerste en tweede generatie image intensifiers gebruikte kathodemateriaal S1 heeft een vrij lage gevoeligheid. Door te experimenteren met andere materialen ontdekte men fotogevoelige lagen die veel gevoeliger waren voor de infrarode, maar ook de zichtbare golflengten. Enige van de moderne materialen zijn:

- **S20**
  Dit materiaal is ongeveer 20 keer gevoeliger dan S1 en bestaat uit een mengsel van alkaliden.
- **S25**
  Dit materiaal bestaat uit een legering van de metalen natrium, kalium, caesium en

antimoon. De gevoeligheid is iets lager dan deze van S20, maar ligt meer in het gewenste infrarode gebied.

In de onderstaande figuur wordt de gevoeligheid en de bandbreedte van de drie meest gebruikte kathode-materialen vergeleken.



Vergelijking van de gevoeligheden van enige kathode-materialen.
(© 2019 Jos Verstraten)

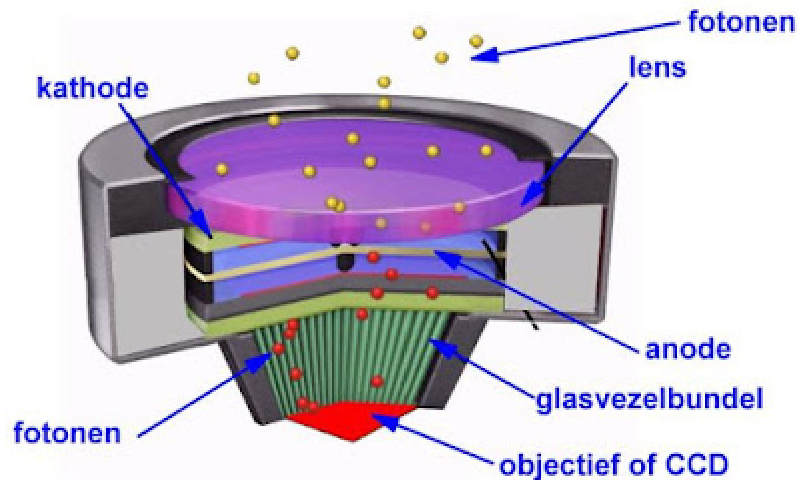
Vergroten van het kathode-oppervlak
Bovendien kon de gevoeligheid van de convertor worden opgevoerd door het oppervlak van de kathode te vergroten. Er wordt dan meer straling ontvangen, er ontstaan meer elektronen die door goede focus allemaal op de veel kleinere anode terecht komen.

Image intensifiers

Inleiding
De infrarode convertors werken enkeltraps en van eigenlijke fysische versterking is geen sprake. Weliswaar kon men door andere materialen, andere afmetingsverhoudingen en focusseer-technieken de gevoeligheid tot het uiterste opvoeren. Er is echter een geheel nieuwe generatie infrarode convertors ontwikkeld, die gebruik maken van fysische processen die versterken. Vandaar dat deze buizen geen convertors worden genoemd, maar beeldversterkers of image intensifiers.

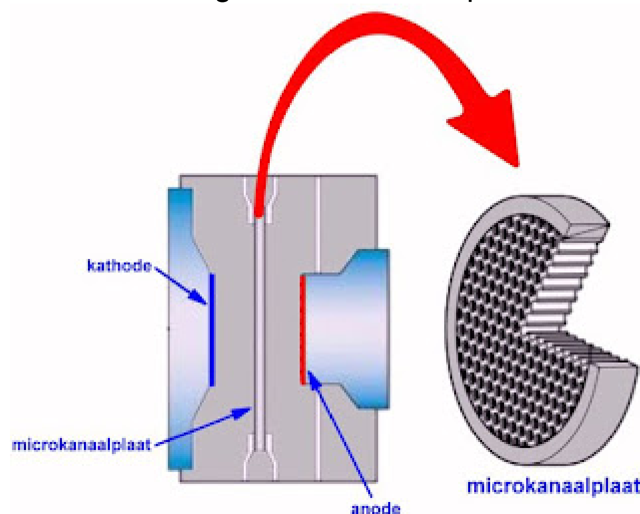
Enkelvoudige fiber optic image intensifier
De eerste image intensifiers werkten met glasvezels. In onderstaande figuur is een doorsnede door een dergelijke buis getekend. De kathode en de anode staan dicht bij elkaar. Onder de anode is een groot aantal gebundelde uiterst dunne glasvezeltjes aangebracht. Deze concentreren het licht dat door de anode wordt opgewekt op een veel kleiner oppervlak. Men is er in geslaagd dichtheden te bereiken van één miljoen glasvezels per cm^2. Deze constructie heeft als groot voordeel dat de fotonen die door de anode worden uitgestraald door de dunne vezeltjes perfect naar het veel kleinere objectief van de buis worden geleid. Hierdoor ontstaat een optische versterking van ongeveer honderd. Vaak wordt het objectief

vervangen door een CCD en wordt het opgevangen beeld verder elektronisch verwerkt en naar een beeldscherm gestuurd. Het grote voordeel is dat u niet meer gedwongen wordt door een oculair te kijken.
Dank zij de versterkende werking van het systeem kunt u met een enkelvoudige buis al goede waarnemingen verrichten bij het zwakke licht van de maan. Het nadeel van deze buizen is wel dat er hoogspanningen van ongeveer 15 kV noodzakelijk zijn om het geheel goed te laten werken.



Een doorsnede door een enkelvoudige glasvezel beeldversterker.
(© micro.magnet.fsu.edu)

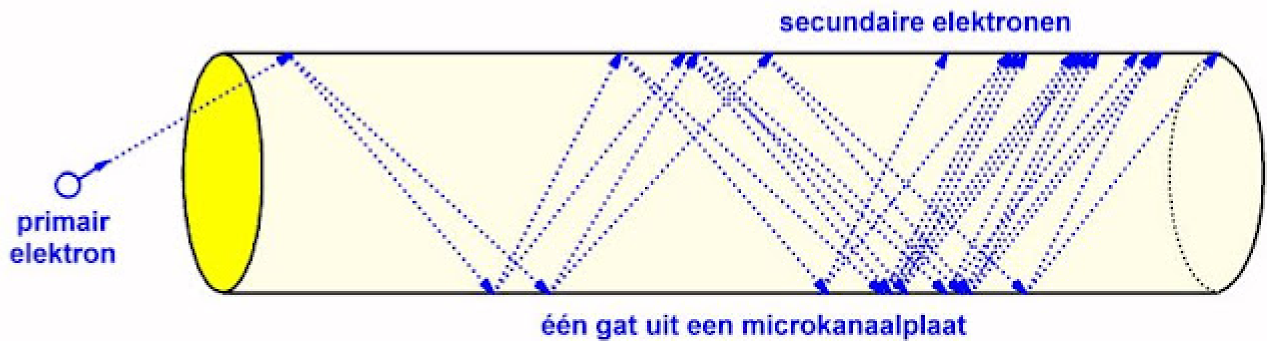
De microkanaalplaat beeldversterker
Een volgende ontwikkeling was de introductie van de zogenoemde *'microkanaalplaat'* beeldversterkers. Deze microkanaalplaat wordt, zie de onderstaande figuur, opgesteld tussen de kathode en de fosforlaag van de anode. Deze plaat bestaat uit een ongeveer 1 mm dikke schijf van een bepaald geleidend materiaal, waarin een groot aantal zeer dunne gaatjes zijn geëtst. De diameter van de gaatjes bedraagt ongeveer 0,01 mm en de wanddikte tussen twee naast elkaar aangebrachte gaatjes is slechts 0,002 mm. Over de plaat wordt een spanning van ongeveer 1.000 V gezet. De elektronen die van de kathode komen zullen in de meeste gevallen invallen in zo'n micro-gat van de kanaalplaat.



Samenstelling van een microkanaalplaat beeldversterker.
(© 2019 Jos Verstraten)

Het proces dat dan in de plaat ontstaat is getekend in de onderstaande figuur. Een invallend elektron zal in de meeste gevallen niet in de lengte-as van een micro-gat op de plaat invallen. Het gevolg is dat het elektron tegen de wand van het micro-gat botst. Hierdoor worden secundaire elektronen uit de wand vrijgemaakt, die hun weg door het micro-gat vervolgen. Maar ieder secundair elektron zal wel weer met de wand van het micro-gat botsen. Bij iedere botsing komen dus weer secundaire elektronen vrij. Het gevolg is dat er een lawine-effect ontstaat en dat het ene invallend elektron tussen de 100 en de 2.000 secundaire elektronen

genereert. Die hoeveelheid is afhankelijk van de gelijkspanning die u over de microkanaalplaat aanbrengt. De secundaire elektronen vallen in op de anode en worden daar op de beschreven manier omgezet in zichtbare fotonen.
Het grote voordeel van de microkanaalplaat beeldversterker is dat er een soort automatische versterkingsregeling aanwezig is. Een micro-gat uit de microkanaalplaat kan slechts een bepaald aantal secundaire elektronen genereren. Hierdoor kunt u oversturing van het systeem zonder moeilijke regelschakelingen voorkomen.



Secundaire elektronen-emissie in de microkanaalplaat. (© 2019 Jos Verstraten)

De proximity image intensifier
Er ontstond grote behoefte aan kleine beeldversterkers, die men bijvoorbeeld in een bril kan monteren. Hierin slaagde men door de microkanaalplaat niet in de buurt van de anode, maar in de buurt van de kathode te monteren. Doordat de afmetingen van de buis nu veel kleiner kunnen zijn kan men zonder extra focusseer-elektroden toch een voldoende bundeling van de elektronenstroom verkrijgen. De bundeling wordt nu namelijk verzorgd door een bepaalde spanningsverdeling tussen de kathode, de microkanaalplaat en de anode.
De proximity beeldversterkers hebben een versterking van ongeveer 15.000, hetgeen natuurlijk veel minder is dan de 50.000 van de gewone microkanaalplaat beeldversterkers. Maar de gehele buis is nu slechts 3 cm lang, zodat men er zonder veel moeite in slaagt het geheel in een bril te verwerken.

De $C_5G_2A_5$ beeldversterkers
Tot slot is men er in geslaagd de specificaties van de beeldversterker nog te verbeteren door een geheel nieuw halfgeleidend materiaal als gevoelige laag voor de kathode toe te passen. Dit materiaal, met als chemische formule $C_5G_2A_5$, heeft een gevoeligheid die vergelijkbaar is met deze van de S20 en S25 kathoden, maar heeft een veel grotere bandbreedte.

Tips voor zelfbouw van beeldversterkers

Inleiding
Het zélf experimenteren met infrarode convertors en image intensifier is een interessante hobby. Er komt echter nogal wat eigen initiatief en experimenteerdrift bij kijken! Op de eerste plaats moet u natuurlijk een goedkope buis op de kop kunnen tikken. Buizen die vaak worden aangeboden in de dump zijn de 1P25, de 6032, de XX1050 en de XX1080. U moet rekenen op prijzen van € 50,00 voor een tweedehandse enkelvoudige convertor tot € 750,00 voor een moderne tweedehandse cascade-buis.

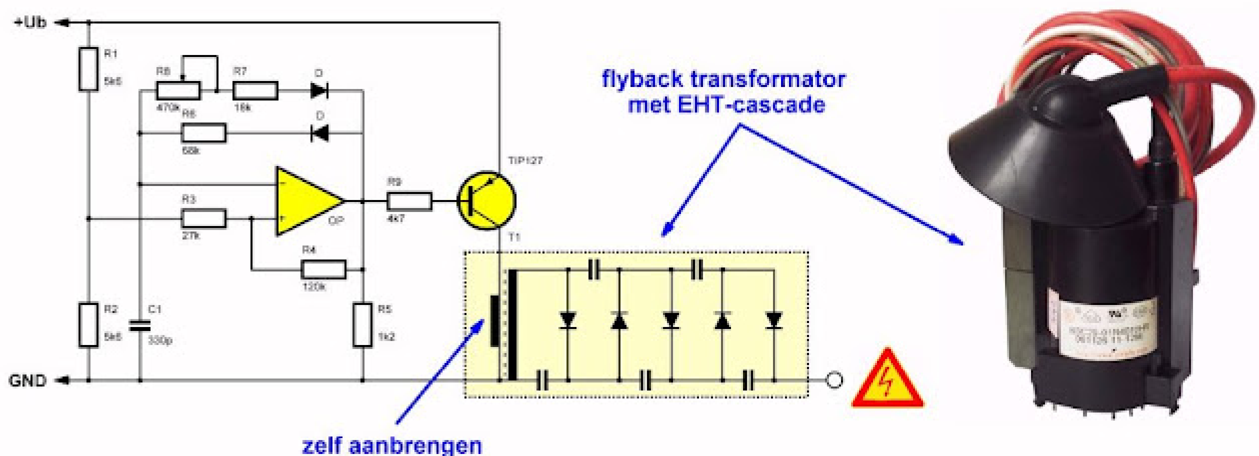
De lichtbron
Bij eenvoudige infrarood convertors zoals de XX1050 moet u in de meeste gevallen een extra infrarode lichtbron gebruiken om het te observeren voorwerp aan te lichten. Daarbij is het uiteraard van belang een lichtbron te gebruiken die veel infrarode straling uitzendt. Voor de hand ligt het een cirkelvormig array met diverse IR-LED's samen te stellen en dat rond de ingangslens te monteren. U moet er echter wel rekening mee houden dat de reikwijdte van het systeem dan toch nog beperkt blijft tot een tiental meter. Professionele hoog-vermogen IR-lichtstralers zijn tweedehands beschikbaar, maar kosten meer dan een paar centen.

De optiek

De optiek, de in- en uitgangslenzen, vormt een belangrijk onderdeel van de volledige constructie. Gelukkig zijn alle lenzen goed in staat het golflengte-bereik van het infrarode licht door te geven. U kunt experimenteren met lenzen van oude spiegelreflex camera's of dia-projectors voor de ingangsoptiek (het objectief) en met lenzen van microscopen en verrekijkers voor de uitgangsoptiek (het oculair). Het zal duidelijk zijn dat het nuttig is zo lichtsterk mogelijke lenzen toe te passen. In het algemeen kunt u stellen dat de lichtsterkte toeneemt als de diameter van de lens groter is. Dit wordt aangeduid door het zogenoemde F-getal. Hoe kleiner dit getal, hoe lichtsterker de lens.
Het objectief moet de fotokathode belichten en het oculair moet het beeld van het fosforscherm zichtbaar maken. De drie onderdelen moeten uiteraard volledig uitgelijnd zijn ten opzichte van elkaar. Wat betreft de onderlinge afstanden valt weinig algemeens te zeggen. Dat is volledig afhankelijk van het soort beeldversterker, het soort objectief en het soort oculair. Kortom, een probleem dat alleen op te lossen is door er dagenlang mee te experimenteren!

De voeding

De beschikbare buizen moeten gevoed worden met een gelijkspanning van 5 kV tot 20 kV. Deze voedingen zijn kant-en-klaar tweedehands koop, maar u kunt natuurlijk ook zélf experimenteren.
Maar hier is toch een ernstige waarschuwing op zijn plaats. Spanningen van duizenden tot tienduizenden volt zijn levensgevaarlijk, zelfs rekening houdende met de zeer kleine stroomcapaciteit van de schakelingen! Bij het zelf experimenteren met EHT-voedingen moet u zeer voorzichtig te werk gaan en kunt u zich geen ondoordachte handelingen permitteren!
Omdat u voor dergelijke schakelingen moeilijk verkrijgbare onderdelen nodig hebt, zoals speciale transformatoren, dioden en condensatoren, kunt u het best gebruik maken van een lijntrafo (flyback transformer, line output transformer) uit een oude kleuren-TV en van de hoogspanningscascade die in een dergelijke trafo is ingebouwd. In onderstaande figuur is een bruikbare experimenteerschakeling getekend. De secundaire wikkeling is de bestaande hoogspanningswikkeling van de lijntrafo. De primaire wikkeling moet u zelf aanbrengen, hetgeen een niet al te groot probleem is omdat er slechts drie tot tien windingen noodzakelijk zijn. Het aantal windingen is afhankelijk van de noodzakelijke hoogspanning en moet experimenteel worden bepaald. Gewikkeld moet in ieder geval worden met wikkeldraad van minstens 0,6 mm diameter. Het IC is een operationele versterker (ieder type is bruikbaar) en dit onderdeel is geschakeld als astabiele multivibrator, die smalle pulsjes levert. De breedte van deze pulsjes is in te stellen met behulp van de instelpotentiometer van 500 kΩ. Door de pulsbreedte in te stellen kunt u het hoogste rendement uit de schakeling halen, of met andere woorden de grootste hoogspanning voor de kleinste primaire stroom. De schakeling kan gevoed worden uit een spanning van +12 V_{dc} en verbruikt bij een goede afregeling ongeveer 500 mA. Met het maximaal aantal primaire windingen (tien) kunt u bij 12 V voeding een hoogspanning van ongeveer 18 kV verwachten.



De weerstandsdeler

Sommige buizen met focusseer-elektroden hebben een inwendige spanningsdeler met als gevolg dat deze, net zoals de allereenvoudigste uitvoeringen, maar twee aansluitingen hebben. Bij sommige buizen worden alle focusseer-elektroden echter afzonderlijk naar buiten gevoerd en moet u dus zélf de noodzakelijke spanningsdeler tussen anode en kathode aanbrengen. Nu zal het duidelijk zijn dat aan deze weerstanden nogal extreme eisen worden gesteld. Op de eerste plaats moet u er rekening mee houden dat de totale weerstandswaarde tussen anode en kathode vaak tussen 100 MΩ en 1 GΩ ligt. Dergelijke weerstanden moet u dus samenstellen door kleinere weerstanden in serie te schakelen. Op de tweede plaats moet u rekening houden met de doorslagspanning van de individuele weerstanden. U houdt zich het best aan de veilige regel dat over een vaste 1/2 W weerstand nooit meer dan 300 V mag staan. Voor instelpotentiometers kunt u het best een veilige grens van 200 V aanhouden. Met deze richtlijnen en de wet van Ohm kunt u de spanningsdelers berekenen.

De behuizing

De behuizing speelt een zeer belangrijke rol bij dergelijke apparaten die met levensgevaarlijke spanningen werken. Denk er bijvoorbeeld aan dat de anode op een spanning staat van +10.000 V ten opzichte van de kathode. Bij ondoordachte constructie kan er doorslag optreden tussen de anode en uw oog, met nogal vervelende gevolgen.

Het is vandaar van levensbelang de positieve pool van de hoogspanningsvoeding te aarden!

Dat wil zeggen dat de anode met de metalen behuizing verbonden wordt en eventueel ook met alle andere metalen delen van de constructie die niet onderling elektrisch geleidend verbonden zijn. De buis moet natuurlijk op een deugdelijke manier geïsoleerd in de behuizing worden gemonteerd. Tot slot is het voor de goede werking van de beeldversterker noodzakelijk dat de behuizing absoluut lichtdicht is. Binnendringen van licht, anders dan door de lens, moet u voorkomen.

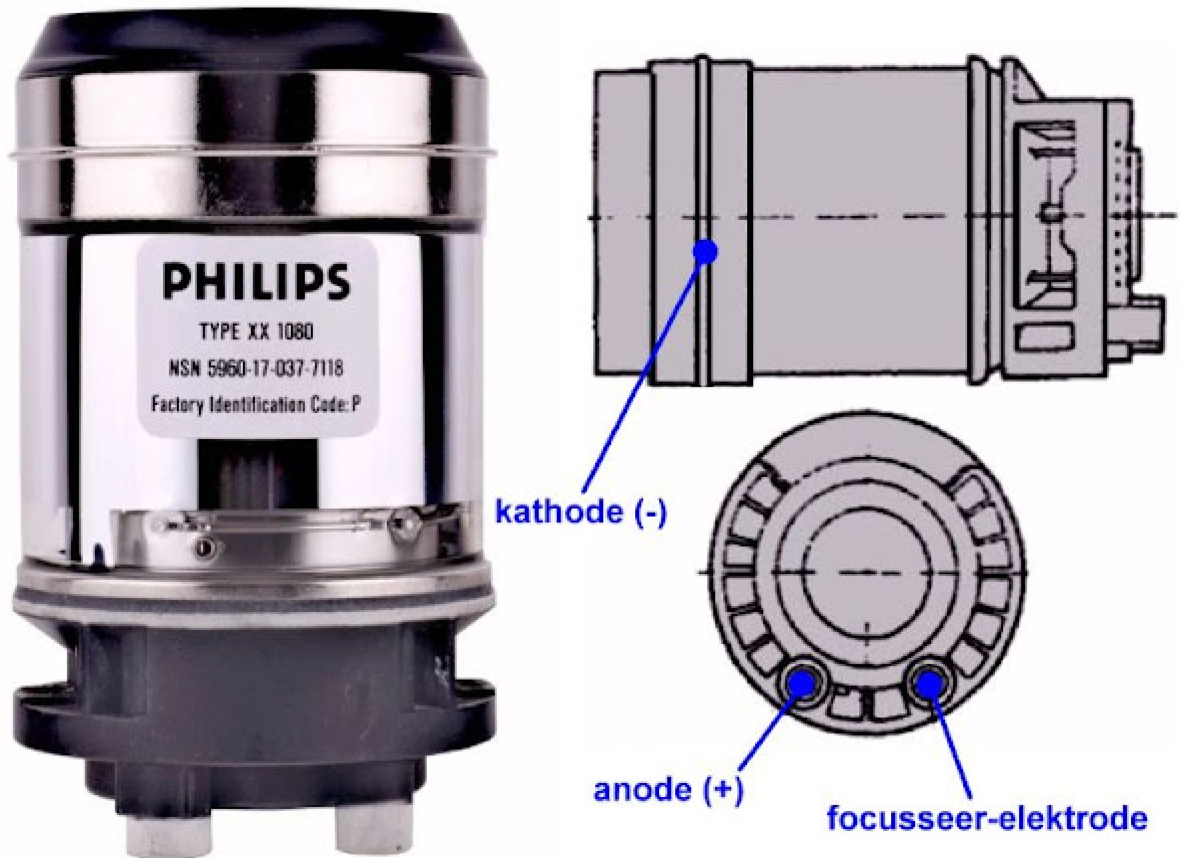
Type-bespreking van een paar buizen

De XX1080 van Philips

Deze buis van Philips werd onder andere toegepast in de nachtzicht apparatuur van de eerste-generatie Duitse Leopard-tanks en wordt nu aangeboden voor prijzen rond € 50,00. Deze buis heeft één interne focusseer-elektrode, waardoor de lichtversterking stijgt tot ongeveer 1.000. De buis en de aansluitvoet zijn getekend in onderstaande figuur. De negatieve pool van de hoogspanning moet dus verbonden worden met de voorzijde van de behuizing, de positieve pool met de linker pen van de voet. De rechter pen moet aangesloten worden op de focusseer-spanning. De spanning op de focusseer-elektrode moet ongeveer 450 V hoger zijn dan de spanning op de kathode. De juiste spanningsdeling krijgt u door een weerstand van 1.000 MΩ te schakelen tussen de anode en de elektrode en een weerstand van 30 MΩ tussen de elektrode en de kathode. Onscherpe beelden zijn een gevolg van een niet exacte spanningsverdeling en kunnen verholpen worden door experimenteel links of rechts van de focusseer-elektrode enige weerstanden van 1 MΩ extra aan te brengen.
Een paar technische gegevens van deze buis:

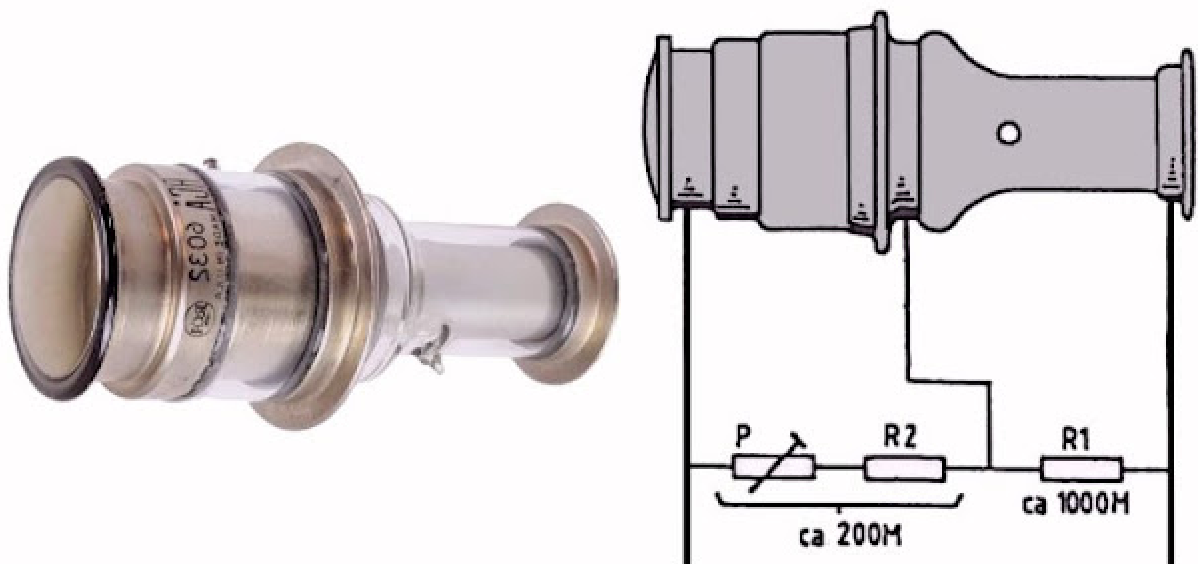
- **Versterking:** 30 Cd/lm
- **Gevoeligheid:** 125 µA/lm
- **Resolutie:** 27 lines/mm
- **Kathode:** S25
- **Kathode diameter:** 50 mm
- **Anode:** P20 fosfor (groen)
- **Spectrale gevoeligheid:** 450 nm ~ 850 nm
- **Anodespanning:** 14 kV

- **Focusseer-spanning:** 325 V
- **Afmetingen:** 63 mm Ø, 106 mm lang
- **Gewicht:** 160 g



De XX1080 van Philips heeft één focusseer-elektrode. (© 2019 Jos Verstraten)

De 6032 van RCA
De 6032 van het Amerikaanse RCA, voorgesteld in onderstaande figuur, is een buis met één focusseer-elektrode en is lang gebruikt in de zogenoemde *'Sniperscope'* waarmee de NAVO-legers werden uitgerust. Een apparaat dat men op de loop van een geweer kon monteren en waarmee scherpschutters zelfs bij nacht niets vermoedende ongelukkige tegenstanders konden executeren. De grote voorraden van deze buis worden nu opgeruimd, waardoor de dumpprijs gedaald is tot ongeveer 100,00 euro. De buis moet gevoed worden met een hoogspanning tussen 15 kV en 20 kV en moet via de getekende spanningsdeler worden ingesteld.

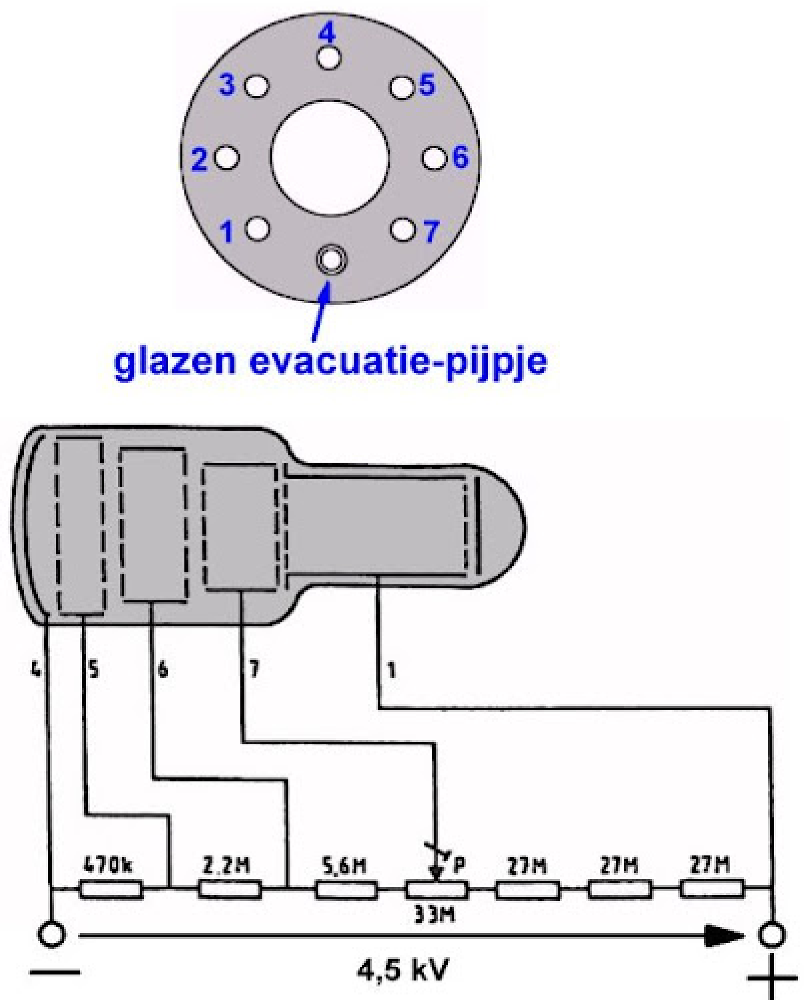


De 6032 van RCA heeft ook maar één focusseer-elektrode. (© 2019 Jos Verstraten)

De 1P25 van Farnsworth
De 1P25 van het Amerikaanse Farnsworth is een buis met drie focusseer-elektroden en deze buis heeft als groot voordeel dat reeds bij een voedingsspanning van maximaal 5.000 V een goed beeld wordt verkregen. Het onderdeel is voorzien van een buisvoet met zeven pennen waaraan u echter niet mag solderen. Het is de bedoeling dat u de aansluitdraadjes bevestigt met zilverlijm of holnietjes die u voorzichtig dichtknijpt.
Het schema voor het instellen van de buis is getekend in onderstaande figuur. Let er op dat de spanning tussen anode en kathode bij deze buis niet groter mag worden dan 5 kV. Beter is het de spanning te begrenzen tot een veilige waarde van 4,5 kV. Boven de 5 kV kan namelijk interne doorslag optreden, waardoor de buis beschadigd of vernield kan worden.
De voornaamste technische gegevens van deze buis:

- **Diameter kathode:** 10,2 cm
- **Diameter anode:** 2,5 cm
- **Spectrale gevoeligheid:** bij 800 nm maximaal
- **Focusseer-spanning pen 5:** 1 V ~ 10 V
- **Focusseer-spanning pen 6:** 10 V ~ 200 V
- **Focusseer-spanning pen 7:** 350 V ~ 750 V
- **Anodespanning:** 4.000 V ~ 5.000 V





De 1P25 van Farnsworth met de aansluitgegevens. (© 2019 Jos Verstraten)

Overige infrarode convertors en image intensifier buizen
Uiteraard zijn deze drie besproken buizen niet de enigen die u in de dump kunt aantreffen. Tot slot van dit artikel noemen wij nog een paar andere typenummers die de moeite waarde zijn om mee te experimenteren:

- XX1050 *(Philips)*

- XX1060 *(Philips)*
- 6914 *(RCA)*
- 6929 *(RCA)*
- P8079HP *(VARO)*
- MX-9644 *(Night Vision Devices)*
- MX-10160 *(Night Vision Devices)*
- MX-11769 *(Night Vision Devices)*